

Fachspezifisch Ergänzende Hinweise des Fachausschusses 05 – Physikalische Technologien, Werkstoffe und Verfahren

*zur Akkreditierung von Bachelor- und Masterstudiengängen der Physi-
kalischen Technologien, Materialwissenschaft und Werkstofftechnik
(verabschiedet: 29. September 2016)*

Die nachstehenden Ausführungen ergänzen die „Allgemeinen Kriterien für die Akkreditierung von Studiengängen“.

1 Einordnung

1.1 Funktion und Kontext

1.1.1 Kontext

Die Fachspezifisch Ergänzenden Hinweise (im Folgenden „FEH“) des Fachausschusses 05 – Physikalische Technologien, Werkstoffe und Verfahren (im Folgenden „FA 05“) wurden in Zusammenarbeit und Abstimmung, mit einschlägigen Fachgesellschaften und Fakultäten- und Fachbereichstagen entwickelt. Dabei orientieren sie sich an aktuellen international akzeptierten Standards und leisten damit einen Beitrag zur Verwirklichung des einheitlichen Europäischen Hochschulraums. Sie greifen Forderungen auf, fachspezifische und disziplinenorientierte Lernergebnisse als eines der wichtigsten Instrumente zur Förderung akademischer und beruflicher Mobilität in Europa als Qualitätsanforderung zu formulieren. Die FEH berücksichtigen u. a. die vielfältigen Vorarbeiten im Rahmen europäischer Projekte und Fachnetzwerke.

1.1.2 Funktion

Die FEH des FA 05 sollen die Hochschulen bei der Formulierung ihrer Selbstberichte im Rahmen von Akkreditierungsverfahren unterstützen. Die beantragenden Hochschulen legen in ihren Selbstberichten eigenverantwortlich die angestrebten Lernergebnisse und das Profil ihrer Studiengänge fest. Diese Festlegung bildet dann den zentralen Maßstab für die curriculare Bewertung durch die ASIIN. Die Hochschulen sollen keinesfalls bei der Erarbeitung und Erprobung von neuartigen Reformstudienangeboten oder Studiengängen mit besonderem Profilanspruch eingeschränkt werden. Im Rahmen der von den Hochschulen festgelegten Zielsetzung und Profilierung

ihrer Studiengänge sind Abweichungen von den in den FEH'en genannten Fähigkeiten, Fertigkeiten und Kompetenzen zulässig.

Grundsätzlich sind die FEH das Ergebnis einer regelmäßig vorgenommenen Einschätzung durch die ASIIN-Fachausschüsse. Die FEH beschreiben zusammenfassend, was in einer von Akademia wie Berufspraxis gleichermaßen getragenen Fachgemeinschaft als gute Praxis in der Hochschulbildung aktuell verstanden wird, bzw. was als zukunftsorientierte Ausbildungsqualität vom Arbeitsmarkt gefordert wird. Die in den FEH formulierten Erwartungen an das Erreichen von Studienzelen, Lernergebnissen und Kompetenzprofilen sind dabei keinesfalls als statisches Bewertungsschema zu verstehen. Vielmehr unterliegen sie einer ständigen Überprüfung und Weiterentwicklung in enger Kooperation mit den Organisationen der „Fachcommunity“, wie Fakultäten- und Fachbereichstagen, Fachgesellschaften und Verbänden der Berufspraxis.¹ Die antragstellenden Hochschulen werden gebeten, das Zusammenspiel der von ihnen selbst definierten und angestrebten Lernergebnisse, Curricula, Lehr- und Lernformen und den darauf bezogenen Qualitätserwartungen mit Hilfe der FEH kritisch zu reflektieren und sich im Lichte der eigenen Hochschulziele zu positionieren und zu profilieren.

Die FEH sind als fachliche **Diskussionsbasis** für Gutachter, Hochschulen und die Gremien der ASIIN zu verstehen. Sie beinhalten die wichtigsten Fähigkeiten, Fertigkeiten und Kompetenzen, die auf einem Fachgebiet typischerweise als aktueller „state of the art“ gelten dürfen. Sie sollen einen wichtigen Beitrag für die Vergleichbarkeit nationaler und internationaler Akkreditierungsverfahren leisten. Es soll nicht dem Zufall der jeweiligen fachlichen Prägung einzelner Gutachter überlassen bleiben, welche fachlichen Parameter in die Diskussion und die individuelle Bewertung einfließen. Die in den folgenden Abschnitten beschriebenen Studienziele und Kompetenzen für Bachelor- und Masterstudiengänge der Physikalischen Technologien, Materialwissenschaft und Werkstofftechnik sind vor diesem Hintergrund als unterstützende Handreichung für die Antragstellung und die Begutachtung in Akkreditierungsverfahren gedacht.

1.2 Zuständigkeit und Definitionen

Der FA 05 ist für die Begutachtung von Bachelor- und Masterstudiengängen der Materialwissenschaft und Werkstofftechnik, der Physikalischen Technologien und in diesem Rahmen stark **interdisziplinär** orientierter Studienprogramme zuständig. Studiengänge mit einem signifikant hohen Anteil physikalisch-technologischer, materialwissenschaftlicher und werkstofftechnischer sowie prozessbezogener Inhalte werden in der Regel federführend vom FA 05 verantwortet. Bei interdisziplinären Studiengängen mit einem eher marginalen Anteil physikalisch-technologischer, materialwissenschaftlicher oder werkstofftechnischer Inhalte ist der FA 05 mit den beteiligten Fachdisziplinen gemeinsam verantwortlich oder stellt nur Fachgutachter.

Physikalische Technologien

In die Themengruppe „Physikalische Technologien“ werden Bachelor- und Masterstudiengänge eingeordnet, die umfangreiche mathematisch-physikalische Grundlagen und Prinzipien mit anderen geeigneten ingenieurwissenschaftlichen und naturwissenschaftlichen Schwerpunkten (z.B. Maschinenbau, Mikrosystemtechnik, Elektrotechnik, Technische Informatik, optische Technologien, Medizintechnik etc.) zu einem vollständigen Studienprogramm verbinden. Darüber hinaus werden unter diesem Begriff Studiengänge eingeordnet, die sich durch einen ausgeprägten

¹ Besonderer Dank gebührt dem Studientag Materialwissenschaften und Werkstofftechnik sowie dem Fachbereichstag Physikalische Technologien. Vertreter beider Organisationen haben an der vorliegenden Fassung der FEH entscheidend mitgearbeitet.

Querschnittscharakter auszeichnen, so dass eine eindeutige Zuordnung zu nur einer einzigen Disziplin nicht möglich ist. Der Umfang des mathematisch-naturwissenschaftlichen Anteils ist dabei i. d. R. höher als z.B. bei den klassischen Studiengängen der Elektrotechnik und des Maschinenbaus. Die Bedeutung und der Nutzen von Studiengängen aus dem Bereich Physikalische Technologien liegt in ihrer besonderen Brückenfunktion zwischen physikalischer Forschung, technischer Entwicklung und industrieller Anwendung.

Typische Studienschwerpunkte im Bereich oder unter Beteiligung der physikalischen Technologien sind zum Beispiel **Optische Technologien, Mikrosystemtechnik, Nanotechnologie, Oberflächentechnologien, Medizintechnik, Biotechnologie** oder **Messtechnik/Sensorik**.

Materialwissenschaft und Werkstofftechnik

Unter der Themengruppe „Materialwissenschaften und Werkstofftechnik“ werden Bachelor- und Masterstudiengänge eingeordnet, deren Inhalte hauptsächlich auf dem Gebiet der Materialwissenschaften, Werkstoffwissenschaften und Werkstofftechnik/Werkstofftechnologien liegt.

Sie überdecken den weiten Bereich von den naturwissenschaftlichen Grundlagen der Materialeigenschaften über deren Herstellung und Verarbeitung bis hin zu Einsatz und Versagen von Werkstoffen und kombinieren die Grundprinzipien der experimentellen und theoretischen Werkstoffwissenschaften mit physikalisch-chemischen Grundlagen sowie ingenieurwissenschaftlichen Schwerpunkten.

Typische Studienschwerpunkte im Bereich oder unter Beteiligung der Werkstoffwissenschaften sind u.a. **Funktionsmaterialien wie magnetische, optische oder halbleitende Materialien, Nanomaterialien, Hybrid- und Verbundwerkstoffe, dünne Schichten, Pulver-/Sinterwerkstoffe, Polymere, Kunststofftechnik, Metallkunde, Werkstoffanalytik, Werkstofftechnologie und -verarbeitung, Schadensdiagnostik, Biomaterialien**.

1.3 Zusammenarbeit der Fachausschüsse

Der FA 05 arbeitet eng mit den anderen Fachausschüssen der ASIIN zusammen, um den Anforderungen interdisziplinärer Studienprogramme gerecht zu werden. Die Hochschulen sind im Zuge der Anmeldung eines Akkreditierungsverfahrens aufgefordert, ihre Einschätzung für die Zuordnung ihrer Studienprogramme zu einem oder mehreren Fachausschüssen abzugeben.

2 Studienziele und Lernergebnisse

Die Studienziele, d.h. Kenntnisse, Fertigkeiten und Kompetenzen, werden durch eine kurze und präzise Beschreibung derjenigen Lernergebnisse deutlich, die Absolventinnen und Absolventen in ihrer Berufstätigkeit oder für weiterführende Studien benötigen. Diese Studienziele sind gemäß der unterschiedlichen Zielsetzung von Bachelor- und Masterstudiengängen hinsichtlich Breite und Tiefe verschieden ausgeprägt.

2.1 Anforderungen an Bachelorstudiengänge

Der Bachelorabschluss soll einerseits einen frühen Einstieg ins Berufsleben im Bereich der Physikalischen Technologien oder der Materialwissenschaft und Werkstofftechnik ermöglichen (Berufsbefähigung) und andererseits die Absolventinnen und Absolventen auch zu einem wissenschaftlich vertiefenden Studium oder einem wissenschaftlichen Zusatzstudium in einem anderen Fachgebiet befähigen.

Mit dem Abschluss des Bachelorstudiums sollen folgende Ziele bzw. Lernergebnisse erreicht werden:

Wissen und Verstehen

Die Beherrschung des grundlegenden Wissens und das Verständnis der Naturwissenschaften, der Mathematik und der ingenieurwissenschaftlichen Grundlagen bilden die Basiskompetenzen, um weitergehende Ausbildungsziele zu erreichen.

Die Absolventinnen und Absolventen:

- kennen und verstehen die naturwissenschaftlichen, ingenieurwissenschaftlichen, technologischen und mathematischen Prinzipien, die dem Themengebiet ihres Studienschwerpunktes zugrunde liegen,
- besitzen ein systematisches Verständnis der zentralen Elemente und Konzepte der Themengebiete ihres Studienschwerpunktes,
- verfügen über ein interdisziplinäres (kohärentes) Wissen zu den Themengebieten ihres Studienschwerpunktes, darunter das Wissen über die neueren Erkenntnisse in ihrer Disziplin;
- haben Kenntnisse zu weiteren Aspekten thematisch benachbarter Wissenschaften.

Analyse und Methodik

Die Fähigkeit zur systematischen Analyse kann die Identifikation eines Problems, die Klarstellung einer Spezifikation, die Betrachtung möglicher Lösungsmethoden, die Auswahl der am besten geeigneten Methode und deren Implementierung beinhalten. Um diese verschiedenen Analyseprozesse mit hoher Qualität durchzuführen und gute und nachhaltige Ergebnisse zu erreichen, ist die Kenntnis und die Beherrschung einschlägiger wissenschaftlich fundierter Methoden notwendig. Die relevanten Methoden müssen in ihren Grundprinzipien bekannt und verstanden sein. Sie müssen von den Absolventinnen und Absolventen beherrscht werden.

Die Absolventinnen und Absolventen:

- besitzen das notwendige Wissen und Verständnis, um Aufgabenstellungen, die auch Aspekte außerhalb ihres Spezialisierungsbereichs beinhalten können, zu identifizieren, zu formulieren und mittels etablierter oder neu entwickelter Methoden zu lösen,
- können durch Anwendung erlernter Methoden allgemein formulierte Aufgabenstellungen und Anforderungen in merkmalsorientierte Anforderungsprofile umsetzen und eine wissenschaftsmethodisch fundierte Analyse durchführen,
- sind fähig, ihr Wissen und Verständnis einzusetzen, um Entwicklungen (Materialeigenschaften, Produkte, Prozesse, Methoden) zu analysieren, voranzutreiben und dies an Andere zu kommunizieren,
- sind in der Lage, verschiedene Methoden anzuwenden – etwa mathematische Analyse, Modellierungsverfahren, systematische experimentelle Untersuchungen – um aufgabenspezifische Analysen durchzuführen und/oder methodisch Fragestellungen im Rahmen von Entwicklungsaufgaben selbständig zu lösen,
- sind fähig, passende Analyse- und Modellierungstechniken auszuwählen und anzuwenden.

Entwicklung

Unter Entwicklung wird der gesamte Entwicklungsprozess bis zur Erreichung eines technischen Projektziels verstanden. Das Ziel eines Entwicklungsprozesses können u.a. einsetzbare Produkte, Geräte, Prozesse und Methoden, aber auch spezifisch an einen Einsatz angepasste Materialeigenschaften sein. Bei Entwicklungsprozessen sind auch ethische, soziale, gesundheitliche, sicherheitsrelevante, ökologische und wirtschaftliche Rahmenbedingungen zu berücksichtigen.

Die Absolventinnen und Absolventen:

- sind fähig, ihr Wissen und ihr Verständnis einzusetzen, um Entwicklungen entsprechend vorgegebener und spezifizierter Anforderungen durchzuführen, die Ergebnisse zu realisieren und dabei mit Ingenieuren, Naturwissenschaftlern und Vertretern anderer Fachrichtungen im Team zusammenzuarbeiten,
- haben grundlegende Entwicklungs- und Planungsmethoden erlernt und besitzen die Kompetenz, diese systematisch anzuwenden.

Recherche und Bewertung

Die Absolventinnen und Absolventen:

- sind in der Lage, Literatur- und Datenbankrecherchen durchzuführen und dazu Datenbanken und andere Informationsquellen zu nutzen,
- beherrschen sicher Methoden und Verfahren zur Dokumentation von Rechercheergebnissen,
- können eine vergleichende Analyse der selbst erarbeiteten Ergebnisse mit Ergebnissen aus der Theorie und der einschlägigen Fachliteratur durchführen und daraus die für ihr Erkenntnisinteresse notwendigen Schlussfolgerungen ziehen.

Anwendungsbezug

Die erfolgreiche praktische Tätigkeit erfordert eine solide fachspezifische Sach- und Methodenkompetenz verbunden mit praktischen Erfahrungen bei der Umsetzung von typischen Entwicklungsaufgaben. Nur so lassen sich zielgerichtet und effizient Lösungen entwickeln. Ein wesentliches Element ist zudem eine fundierte Kenntnis der naturwissenschaftlichen Grundlagen inkl. ausreichender Theoriekenntnisse. Nur hierdurch können bestehende Kenntnisse zielgerichtet erweitert oder auf neue Aufgabenstellungen übertragen werden. Darüber hinaus erfordert der interdisziplinäre Charakter der entsprechenden Disziplinen, dass Fachkräfte ebenfalls über Grundkenntnisse aus anderen Ingenieur- oder angewandten Wissenschaften verfügen. Zum Berufsbild gehört auch die Fähigkeit, selbst erworbenes Know-How in andere Bereiche zu transferieren (Technologietransfer). Dazu gehören praktische Kenntnisse

- über die Anwendbarkeit von Technologien, die Verwendbarkeit von Werkstoffen und die Einsetzbarkeit von Verfahren sowie deren mögliche Einschränkungen,
- über spezifische Technologien, Prozesse und Verfahren,
- über Datenverarbeitung, Messtechnik und Versuchsdurchführung sowie über die Entwicklung von Modellen,

- über Technologien, Verfahren, Prozesse, Geräte und Werkzeuge, die dem fachlichen Schwerpunkt der jeweiligen Studienrichtung entsprechen,
- über die Praxis im Produktionsbetrieb,
- über fachlich und methodisch relevante Literatur- und Informationsquellen.

Die Absolventinnen und Absolventen:

- können Theorie und Praxis kombinieren, um Fragestellungen mit physikalisch-technischem-, materialwissenschaftlichem- oder werkstofftechnischem- Hintergrund zu lösen,
- können entsprechende Entwicklungen initiieren und deren Notwendigkeit begründen,
- sind in der Lage, dafür die geeigneten Geräte, Werkzeuge (Hard- und Software) und Methoden auszuwählen und anzuwenden,
- haben ein Verständnis für anwendbare Techniken und Methoden und für deren Grenzen entwickelt,
- wenden Sicherheitstechnik an,
- sind sich der ethischen und sozialen Auswirkungen ihrer Tätigkeit bewusst.

Überfachliche Kompetenzen

Die Absolventinnen und Absolventen²:

- sind teamfähig und können konstruktive Beiträge als Einzelner und als Mitglied eines Teams liefern,
- können verschiedene Methoden anwenden, um effektiv mit der ingenieur- oder naturwissenschaftlichen Gemeinschaft und mit der Gesellschaft insgesamt zu kommunizieren,
- sind sich der gesundheitlichen, sicherheitsbezogenen und rechtlichen Auswirkungen und Verantwortlichkeiten der ingenieurwissenschaftlichen Praxis sowie der Auswirkungen von technisch-wissenschaftlichen Lösungen in einem gesellschaftlichen und natürlichen Umfeld bewusst und verpflichten sich dazu, der professionellen Ethik, der Verantwortung und den Normen der technisch-wissenschaftlichen Praxis entsprechend zu handeln,
- sind sich der Methoden des Projektmanagements und der Geschäftspraktiken wie z.B. Risiko- und „Change-Management“ bewusst und verstehen deren Grenzen,
- erkennen die Notwendigkeit selbständiger, lebenslanger Weiterbildung und sind dazu befähigt.

² Dieser Absatz folgt mit geringfügigen Modifikationen, Verein Deutscher Ingenieure (Hg.), Grundsätze für Ausbildungsergebnisse ingenieurwissenschaftlicher Studiengänge (https://www.vdi.de/fileadmin/vdi_de/redakteur_dateien/bildung_dateien/Grundsätze_fuer_Ausbildungsergebnisse.pdf (29.07.2016))

2.2 Anforderungen an Masterstudiengänge

Aufbauend auf einem ersten berufsqualifizierenden Hochschulabschluss führt das Masterstudium zum Erwerb vertiefter analytisch-methodischer und wissenschaftlicher Kompetenzen. Zugleich werden die fachlichen Kompetenzen aus dem ersten berufsqualifizierenden Studium vertieft und erweitert. Dies ist durch eine geeignete curriculare Struktur zu gewährleisten und durch einschlägige Forschungs- und Entwicklungsaktivitäten des verantwortlichen Kollegiums zu unterstützen. Die Ausrichtung eines Masterstudienganges kann sowohl anwendungs- als auch forschungsorientiert sein. Die Absolventinnen und Absolventen eines Masterstudienganges sollen ein Wissens- und Kompetenzniveau erreicht haben, das sie prinzipiell zu einer Promotion auf ihrem Fachgebiet befähigt.

Wissen und Verstehen

Die Beherrschung eines vertieften Wissens und Verständnisses der Naturwissenschaften, der Mathematik sowie der technisch-wissenschaftlichen Grundlagen und der Berufspraxis sind charakteristisch für das Masterniveau, um die weitergehenden Ausbildungsergebnisse zu erreichen.

Die Absolventinnen und Absolventen:

- besitzen profundes Wissen und tiefergehendes Verständnis über die fachlichen Grundlagen des Schwerpunktes ihres Studienganges (Theorie & Praxis),
- haben einen erweiterten Kenntnisstand in fachlich benachbarten Gebieten,
- haben ein kritisches Bewusstsein für die neueren Erkenntnisse ihrer Disziplin entwickelt,
- sind über den aktuellen Stand der Erkenntnisse ihres Fachgebietes informiert („Stand der Technik“).

Analyse und Methodik

Die Analyse kann die Identifikation einer Aufgabenstellung, die Klarstellung der Spezifikation, die Betrachtung möglicher Lösungsmethoden, die Auswahl der am besten geeigneten Methoden und deren Implementierung beinhalten. Um diese verschiedenen Prozesse mit hoher Qualität durchzuführen und Ergebnisse zu erreichen, die erweiterten Anforderungen, z. B. hinsichtlich des Entwicklungsstandes oder einer leitenden Position, genügen, sind wissenschaftlich fundierte Methoden zur Durchführung dieser Prozesse umfassend bekannt und können in erweitertem Umfang sicher angewendet sowie gegebenenfalls aufgabenspezifisch weiterentwickelt werden.

Die Absolventinnen und Absolventen:

- besitzen die Fähigkeit, eigenständig Probleme zu erfassen, zu analysieren und zu lösen, die unvollständig definiert oder unüblich sind und die u.U. widersprüchliche Spezifikationen aufweisen,
- sind fähig, innovative Methoden bei der Lösung der technologischen Probleme anzuwenden,
- sind fähig, Probleme aus einem neuen und in der Entwicklung begriffenen Bereich ihrer Spezialisierung zu formulieren und zu lösen,
- sind in der Lage, ihr Wissen und Verständnis einzusetzen, um komplexe wissenschaftliche

Modelle, Systeme und Prozesse zu entwerfen,

- sind in der Lage, verschiedene Methoden anzuwenden und weiterzuentwickeln. Dazu gehören z.B. mathematisch-naturwissenschaftliche Analysen, Modellentwurf und/oder Design und Durchführung gezielter experimenteller Untersuchungen.

Entwicklung

Entwicklungstätigkeit kann sich u.a. auf Geräte, Prozesse, Methoden, Modelle und Materialien beziehen. Die Spezifikationen können über naturwissenschaftliche und technische Aspekte hinaus die Berücksichtigung sozialer, gesundheitlicher und sicherheitsrelevanter, ökologischer und wirtschaftlicher Rahmenbedingungen erfordern.

Die Absolventinnen und Absolventen:

- sind in der Lage, technisch-wissenschaftliche Entwürfe entsprechend dem Stand ihres Wissens und Verständnisses zu realisieren und dabei mit Ingenieuren, Naturwissenschaftlern und Vertretern anderer Fachdisziplinen zusammenzuarbeiten,
- sind fähig, ihr Wissen und Verständnis einzusetzen, um Lösungen zu komplexen Problemen zu entwickeln, auch unter Einbeziehung anderer Disziplinen,
- können ihre Kreativität einsetzen, um neue und originelle Ideen und Methoden zu entwickeln,
- können ihr wissenschaftliches Urteilsvermögen anwenden, um komplexe, technisch anspruchsvolle und/oder unvollständige Informationen so zusammen zu stellen, so zu bearbeiten und/oder zu ergänzen, dass eine Nutzung unter wissenschaftlichen aber auch ökonomischen Gesichtspunkten gewährleistet ist,
- sind in der Lage, Systeme, Prozesse oder Methoden auf Basis der erworbenen Kenntnisse zu entwickeln und /oder zu optimieren,
- sind durch das Studium befähigt, ihren Kenntnisstand selbständig auch in der späteren beruflichen Praxis weiter zu entwickeln und entsprechend einzusetzen.

Recherche und Bewertung

Die Absolventinnen und Absolventen:

- sind in der Lage, geeignete Methoden anzuwenden, um systematisch umfangreiche Nachforschungen oder detaillierte Recherchen zu technischen und wissenschaftlichen Fragestellungen durchzuführen. Sie sind in der Lage, ihren Wissens- und Kenntnisstand methodisch und selbständig um das erforderliche Maß zu erweitern,
- sind fähig, benötigte Informationen klar zu identifizieren und zu bewerten, in verschiedenen Quellen zu lokalisieren (z.B. Literaturrecherche, Patentrecherche etc.) und zu beschaffen,
- können Nachforschungen definieren und durchführen, welche die Mittel von Analyse, Modellierung und Experiment nutzen,

- können Daten kritisch bewerten und daraus Schlüsse ziehen,
- sind fähig, die Anwendung von neuen aufkommenden Technologien in ihrer Disziplin zu untersuchen und zu bewerten.

Anwendungsbezug

Die erfolgreiche praktische Tätigkeit erfordert praktische Erfahrungen mit typischen Fragestellungen, um zielgerichtet Lösungen zu erweitern oder neu entwickeln zu können.

Die Absolventinnen und Absolventen besitzen praktische Fähigkeiten für die Lösung von Problemen. Diese umfassen praktische Kenntnisse:

- über die Verwendbarkeit von Werkstoffen und Methoden,
- über Simulation,
- über ingenieurwissenschaftliche oder naturwissenschaftliche Prozesse, Geräte und Werkzeuge,
- über die Praxis in Forschung, Entwicklung und Produktion,
- über den Stand von Forschung und Technik.

Die Absolventinnen und Absolventen sind unter anderem befähigt:

- Theorie und Praxis zu kombinieren, um naturwissenschaftliche oder technisch-wissenschaftliche Probleme zu lösen,
- Wissen und Kenntnisse aus verschiedenen Bereichen zu kombinieren und mit komplexen Sachverhalten umzugehen,
- haben ein umfassendes Verständnis für anwendbare Techniken und Methoden und für deren Grenzen entwickelt,
- kennen die nicht-technischen Auswirkungen der praktischen Tätigkeit von Ingenieuren und Naturwissenschaftlern, insbesondere die sicherheitsrelevanten, sozialen und ethischen Konsequenzen ihrer Tätigkeit.

Überfachliche Kompetenzen

Die Absolventinnen und Absolventen:

- erfüllen alle Anforderungen an Absolventinnen und Absolventen des Bachelors hinsichtlich der Schlüsselqualifikationen auf dem höheren Niveau des Masters,
- ein Team leiten, das aus unterschiedlichen Disziplinen und Niveaus bestehen kann,
- können in nationalen und internationalen Kontexten effektiv arbeiten und kommunizieren,
- sind in der Lage, die sozialen, ethischen, gesundheitlichen, ökologischen und wirtschaftlichen Auswirkungen sowie Rahmenbedingungen ihrer Projekte zu erkennen und zu bewerten,

- sollten in der Lage sein, ihre Projekte unter Sicherheits- und Arbeitsschutzaspekten zu bewerten und geeignete Vorkehrungen zur Unfallverhütung zu treffen.

3 Curriculum

Die für einen Studiengang festgelegten angestrebten Lernergebnisse sollen durch eine adäquate inhaltliche Struktur des jeweiligen Programms erreicht werden. Nur durch eine derartige ergebnisorientierte Planung des Curriculums lassen sich die wichtigsten Merkmale der Bachelor- und Masterstudiengänge realisieren. Ein wesentliches Merkmal von Bachelorstudiengängen ist das Erreichen der Berufsfähigkeit. Bei Masterstudiengängen steht dagegen die Befähigung zum wissenschaftlichen Arbeiten im Vordergrund.

Der interdisziplinäre Charakter und die inhaltliche Orientierung von Studiengängen der Physikalischen Technologien, der Materialwissenschaften und der Werkstofftechnik erfordern im Hinblick auf die in diesen Studiengängen angestrebten Lernergebnisse (Learning Outcomes) einen Mindestumfang der im Folgenden dargestellten, generisch benannten inhaltlichen Gebiete. Die Ausgestaltung des konkreten Curriculums muss so erfolgen, dass die im Detail von der Hochschule zu definierenden Studiengangsziele von den Studierenden erreicht werden können.

3.1 Bachelorstudiengänge der Physikalischen Technologien

Mathematische Grundlagen einschließlich Informatik

Hierzu gehören Algebra, Analysis, Vektorrechnung, Differential- und Integralrechnung, Funktionen mehrerer Veränderlicher, Lineare Gleichungssysteme, Mathematische Methoden der Physik, Einführung in die Informatik, Angewandte Informatik und elektronische (Mess-) Datenverarbeitung.

Naturwissenschaftliche Grundlagen

Hierzu gehören u.a. wesentliche Bereiche der experimentellen und angewandten Physik, sowie ausgewählte Elemente der theoretischen Physik und Grundlagen der Chemie und Werkstoffkunde (mit Bezug zur Schwerpunktbildung).

Fachspezifische Grundlagen

Die Inhalte der ingenieurwissenschaftlichen Grundlagen bilden die Basis für das Verständnis und die ingenieurmäßige Gestaltung und Weiterentwicklung der Vertiefungsfächer. Beispielsweise sind hier im ingenieurwissenschaftlichen Bereich Fächer wie Mess- und Regeltechnik, Anwendung von Mikrocontrollern, Fertigungstechnik, etc. von zentraler Bedeutung.

Die Fächer zu den ingenieurwissenschaftlichen Grundlagen haben idealerweise jeweils einen engen Bezug zur Schwerpunktausrichtung des entsprechenden Studienganges.

Auch fachspezifische, naturwissenschaftliche Grundlagenfächer orientieren sich an dem thematischen Schwerpunkt des jeweiligen Studienganges. Beispielsweise kann dieser Komplex Fächer umfassen wie Laserphysik, Technische Optik oder Akustik, Grundlagen der Ophthalmologie, Medizintechnik, Werkstoffkunde, Vakuumtechnik, Oberflächen- und Dünnschichttechnik. Gemeinsam mit den Veranstaltungen, die den Vertiefungsfächern eines Schwerpunktes zuzuordnen sind, bilden diese Fächer dann das inhaltliche Gerüst eines Studienganges.

Vertiefungsfächer eines Schwerpunktes

Der gewählte Schwerpunkt sollte auf Basis mathematisch-naturwissenschaftlicher Grundlagen und in Verbindung mit den fachspezifischen Grundlagen ein Studienprogramm mit der notwendigen Breite ergeben, um auch eine nachhaltige Akzeptanz auf dem Arbeitsmarkt zu erreichen.

Die Fächerangebote eines Schwerpunktes erweitern oder vertiefen die technologischen Aspekte aus den fachspezifischen Grundlagen. Hierzu können beispielsweise Veranstaltungen zählen wie Mikrosystemtechnik, Sensortechnik, Umwelttechnik, Lasertechnik, Laseranwendungen (z.B. Lasermesstechnik, Lasermaterialbearbeitung, Laseranlagentechnik), Plasmatechnik, Hochleistungswerkstoffe, Herstellung und Bearbeitung von Keramik, Verfahren der Kunststoffverarbeitung, Faserverbundwerkstoffe, Bildverarbeitung, Medizingerätetechnik, etc..

Nichttechnische Inhalte

Hierzu zählen z.B. Fremdsprachen, Betriebs- und Volkswirtschaftliche Grundlagen, Arbeitstechniken und Rhetorik, Marketing, Personalmanagement, Ethik etc. Diese Inhalte können auch im Rahmen geeigneter technischer Module vermittelt werden.

Fachpraxis

Die Fachpraxis wird typischerweise in einem geeigneten Betrieb oder Institution (Inland oder Ausland) abgeleistet. Wesentlich ist, dass dort das ingenieurmäßige Arbeiten unterstützt wird.

3.2 Masterstudiengänge der Physikalischen Technologien

Bei **forschungsorientierten** Masterstudiengängen der Physikalischen Technologien erfolgt eine Vertiefung in Fachgebieten, die dem mathematisch-naturwissenschaftlichen Bereich zuzuordnen sind. Im Einzelnen ist das Fachangebot wiederum an dem jeweiligen Studiengangsschwerpunkt orientiert.

Beispiele sind spezielle Gebiete der Mathematik, Systemtheorie, Quantenmechanik, Statistische Physik, Thermodynamik, elektrische und magnetische Felder, Strömungen und Festkörperphysik.

Für die Ausbildung in einem **anwendungsorientierten** Masterstudiengang der Physikalischen Technologien sollten die vertiefenden Inhalte z.B. in den Fächern Ingenieurmathematik, Softwareanwendungen, Programme zur Analyse von Messergebnissen oder Abbildung und Simulation theoretischer Zusammenhänge und in Ergänzungen in der Physik liegen.

Je nach Profil einer Hochschule ergeben sich unterschiedliche Schwerpunkte im Masterstudium (z.B. Lasertechnik, Mikrosystemtechnik, Nanotechnologie etc.). Diese Schwerpunkte stehen den Studierenden zur Wahl. So können bei anwendungsorientierter Ausrichtung Vertiefungsfächer mit entsprechendem Bezug, z.B. aus den Ingenieurwissenschaften, sicherstellen, dass die entsprechenden Lernergebnisse z.B. bzgl. Entwicklungskompetenz erreicht werden. Analog sollen bei forschungsorientierter Ausrichtung Vertiefungsfächer mit starkem forschungs- und grundlagenorientiertem Bezug gewährleisten, dass die entsprechenden Lernergebnisse z. B. bzgl. wissenschaftlicher Analytik und Arbeitsmethodik in einem erweiterten Umfang realisiert werden.

3.3 Bachelorstudiengänge der Materialwissenschaft und Werkstofftechnik

Mathematisch-naturwissenschaftliche Grundlagen

Hierzu gehören Mathematik, Physik (insbes. Grundbegriffe der Festkörperphysik), Chemie.

Fachspezifische Grundlagen

Die Inhalte der fachspezifischen Grundlagen bilden die Basis für das Verständnis und für die Gestaltung und Weiterentwicklung der Vertiefungsfächer.

Beispielsweise sind im ingenieurwissenschaftlichen Bereich Fächer wie Grundlagen der Konstruktionslehre, angewandte Thermodynamik, Fertigungstechnik, Werkstoffkunde/-technik etc. von zentraler Bedeutung. Im stärker naturwissenschaftlich ausgerichteten Bereich sind dies die Grundlagen der Kristallographie, der Bindung im Festkörper, der Phasenstruktur und der Wechselwirkung von Eigenschaften und Mikrostruktur. Daneben sind die Kenntnis üblicher Untersuchungsmethoden von Struktur und Eigenschaften unabdingbar.

Fachspezifisch-naturwissenschaftliche Grundlagenfächer orientieren sich an dem thematischen Schwerpunkt des jeweiligen Studienganges. Beispielsweise kann dieser Komplex Fächer umfassen wie Grundlagen der Werkstoffwissenschaft, Festkörperphysik, Polymerchemie, Werkstoffe der Elektrotechnik, Oberflächenchemie und -physik.

Gemeinsam mit den Veranstaltungen, die den Vertiefungsfächern eines Schwerpunktes zuzuordnen sind, bilden diese Fächer das inhaltliche Gerüst eines Studienganges.

Vertiefungsfächer eines Schwerpunktes

Der gewählte Schwerpunkt ergibt auf Basis der mathematisch-naturwissenschaftlichen Grundlagen und in Verbindung mit den fachspezifischen Grundlagen ein Studienprogramm mit der notwendigen Breite und befördert so eine nachhaltige Akzeptanz auf dem Arbeitsmarkt.

Die Fachangebote dieses Bereiches erweitern oder vertiefen die technologischen Aspekte aus dem Bereich fachspezifische Grundlagen. Hierzu können beispielsweise Veranstaltungen zählen, wie Materialprüfung und Materialanalyse, Festkörperanalytik, Halbleiter- oder Metallphysik, Herstellung und Bearbeitung von Keramik, Verfahren der Kunststoffverarbeitung, Verbundwerkstoffe, Füge- und Beschichtungstechnik, Korrosion- und Verschleißschutz, Werkstoffauswahl, Wärmebehandlung, Schadensdiagnostik, Simulation, Plasmatechnik, Hochleistungswerkstoffe.

Nichttechnische Inhalte

Hierzu zählen z.B. Fremdsprachen, Betriebs- und Volkswirtschaftliche Grundlagen, Arbeitstechniken und Rhetorik, Marketing, Personalmanagement, Ethik etc. Diese Inhalte können auch im Rahmen geeigneter technischer Module vermittelt werden.

Fachpraxis

Die Fachpraxis wird typischerweise in einem geeigneten Betrieb oder Institution (Inland oder Ausland) abgeleistet. Wesentlich ist, dass dort das ingenieurmäßige Arbeiten unterstützt wird.

3.4 Masterstudiengänge der Materialwissenschaft und Werkstofftechnik

Die Basis aller Masterstudiengänge (**forschungsorientiert oder anwendungsorientiert**) liegt in der Vertiefung der mathematisch-naturwissenschaftlichen und ingenieurwissenschaftlichen Kenntnisse in den Bereichen der Materialphysik, Materialchemie, der Werkstoffentwicklung, des Werkstoffeinsatzes und der Modellierung von Werkstoffeigenschaften.

Darüber hinaus ist in Abhängigkeit vom Profil des Studienganges eine verstärkte Implementierung von Modulen zu naturwissenschaftlich-technischen Softwarepaketen sinnvoll.

Je nach Profil einer Hochschule ergeben sich unterschiedliche Schwerpunkte der werkstoff- bzw. materialwissenschaftlichen Ausbildung, wie beispielsweise im Bereich der Werkstofftechnik (Me-

tallurgische Verfahren, Be- und Verarbeitung, Anwendung und Werkstoffauswahl), der Werkstoffcharakterisierung und -prüfung, der Werkstoffentwicklung oder auch der Orientierung auf einzelne Gruppen von Strukturmaterialien (z.B. Eisenmetalle, NE-Metalle, Polymere, Keramiken) oder Funktionsmaterialien (z.B. Halbleiter, Magnete, Supraleiter, optische Materialien, Biomaterialien). Die Ausrichtung eines Masterstudienganges (anwendungs- oder forschungsorientiert) spiegelt sich in seiner curricularen Struktur. So können bei anwendungsorientierter Ausrichtung Vertiefungsfächer mit entsprechendem Bezug, z. B. aus den Ingenieurwissenschaften, sicherstellen, dass die entsprechenden Lernergebnisse z. B. bzgl. Entwicklungskompetenz erreicht werden. Analog können bei forschungsorientierter Ausrichtung Vertiefungsfächer mit starkem forschungs- und grundlagenorientiertem Bezug gewährleisten, dass die entsprechenden Lernergebnisse z. B. bzgl. wissenschaftlicher Analytik und Arbeitsmethodik in einem erweiterten Umfang realisiert werden.

4 Lehrveranstaltungsformen

Die in Abschnitt 2 dargestellten Lernergebnisse sind nicht nur auf fachliche Kenntnisse und Fertigkeiten beschränkt, sondern umfassen zu einem wesentlichen Anteil Methodenkompetenz sowie soziale und fachübergreifende Kompetenzen.

In der Regel sind diese nicht allein durch die notwendigen Veranstaltungen mit klassischen Methoden (Vorlesungen, Übungen, Tutorien etc.) zu erreichen, sondern bedürfen zusätzlich einer entsprechend ergebnisorientierten, konsistenten Veranstaltungsform. So bietet es sich z.B. an, die Übungen der nicht-fachlichen Kompetenzen in Fachveranstaltungen zu integrieren, z.B. unter Nutzung von in diesem Sinne angepassten Veranstaltungsformen.

Beispiele hierfür sind Laborpraktika (wiss. Arbeiten, Arbeiten im Team, Dokumentation), naturwissenschaftliche oder fachlich zentrierte Seminare (wiss. Arbeiten, Recherche, Präsentation, Rhetorik, gegebenenfalls Sprache), Projektarbeit (Entwicklung, wiss. Arbeiten, Recherche, Arbeiten im Team, Dokumentation), Blended Learning (Online-Kurse, gruppenbasiertes Onlinelernen) und projektorientiertes Studium (angeleitete und selbst organisierte Gruppenarbeit, Laborübungen, webbasierte Unterstützung).